

# 蒸汽机车扁烟筒

《蒸汽机车扁烟筒》编写组编

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

续上表

| 名 称              | 符号          | 现行单位                 | SI单位              | 备 注                               |
|------------------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 通风装置效率(通风效率)     | $\eta_F$    |                      |                   |                                   |
| 烟筒效率             | $\eta_v$    |                      |                   |                                   |
| 扁烟筒乏汽喷口各孔斜角      | $\theta_i$  |                      |                   | $i = 1 \rightarrow n$             |
| 气流与烟筒壁间摩擦系数      | $\lambda$   |                      |                   |                                   |
| 射流扩散的影响系数(计算裙筒时) | $\mu$       |                      |                   |                                   |
| (动力)粘度           | $\mu$       | kgf·s/m <sup>2</sup> | Pa·s              | 1kgf·s/m <sup>2</sup> = 9.81 Pa·s |
| 运动粘度             | $\nu$       | m <sup>2</sup> /s    | m <sup>2</sup> /s |                                   |
| 扁烟筒当量(换算)角       | $\nu$       |                      |                   |                                   |
| 裙筒出口结构系数         | $\xi$       |                      |                   |                                   |
| 烟筒比长             | $\xi$       |                      |                   |                                   |
| 扁烟筒比长            | $\xi_b$     |                      |                   |                                   |
| 疲劳极限值            | $\sigma_s$  | kgf/cm <sup>2</sup>  | kPa               | 1kgf/cm <sup>2</sup> = 98.1kPa    |
| 乏汽收缩系数           | $\sigma_D$  |                      |                   |                                   |
| 扁烟筒乏汽喷口各孔下底分流面积比 | $\sigma_i$  |                      |                   | $i = 1 \rightarrow n$             |
| 平均应力             | $\sigma_m$  | kgf/cm <sup>2</sup>  | kPa               |                                   |
| 节流环孔口形状及过流条件影响系数 | $\tau$      |                      |                   |                                   |
| 给水温度             | $\tau$      | K (°C)               |                   |                                   |
| 流速系数             | $\varphi_D$ |                      |                   |                                   |
| 烟气轴向速度系数         | $\varphi_G$ |                      |                   |                                   |
| 比容修正系数           | $\varphi_v$ |                      |                   |                                   |
| 引射速度系数           | $\varphi_s$ |                      |                   |                                   |
| 大小烟管烟气通过面积       | $\Omega$    | m <sup>2</sup>       | m <sup>2</sup>    |                                   |
| 锅炉相应部分烟气通过面积     | $\Omega_i$  | m <sup>2</sup>       | m <sup>2</sup>    |                                   |

## 内 容 简 介

本书阐述了蒸汽机车扁烟筒的发展情况及其理论基础与设计计算，还介绍了扁烟筒的组装与调整的有关问题，以及安装扁烟筒机车的操纵、焚火方法。

本书可供铁路机务部门的工程技术人员及蒸汽机车乘务员、检修人员学习与参考。

## 蒸 汽 机 车 扁 烟 筒

《蒸汽机车扁烟筒》编写组编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 苏国镇 封面设计 王毓平

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168毫米 印张：7.25 字数：171 千

1987年4月 第1版第1次印刷

印数：0001—2,500册 定价：1.60元

## 序 言

能源的积极开发、合理分配与有效利用既是当务之急，更是长远之计。根据我国能源的现状与发展，结合能源贮存量与可采量的预测，制定长期的“以煤为主”的能源政策无疑是现实的正确合理决策。

我国铁路牵引动力现在仍以蒸汽机车为主，而蒸汽机车中又以前进型机车为主，所以在逐步实现牵引动力现代化的同时，必须充分发挥蒸汽机车，特别是前进型机车的作用。蒸汽机车担负着全路主要货运及相当一部分客运任务，每年约消耗优质烟煤近1800万吨。应当指出，现有蒸汽机车采用卧式火管中压锅炉与卧式单胀往复非凝汽式汽机，并以乏汽引射通风装置将二者有机结合，蒸汽机车效率不高，功率受限，劳动条件较差，烟渣排放较多，锅炉效率只有0.50~0.60左右，而烟渣热损失就高达0.20~0.40之多，汽机效率只有0.12~0.15左右，这样一般蒸汽机车最高热效率不到0.10，而在平均运用条件下更低，仅为0.05~0.07左右。由此可见，采用新技术、新材料、新工艺、新装备，力求提高蒸汽机车效率，更多地节约能源是现实的重要课题。

蒸汽机车技术改造可从改革机车结构与改善燃料及其燃烧方式这两个方面着手。改装扁烟筒（即矩形通风装置）就是机车局部结构改造的挖潜节能的重要技术措施之一。扁烟筒可以较大幅度地提高通风效率，从而可以较大幅度地放大乏汽喷口面积，提高机车牵引力与功率，并改善机车总体经济性。

我国历经20余年对几种主型机车扁烟筒进行了试验研究，并陆续通过鉴定。由铁道部科学研究院与大同机车工厂、有关铁路局等单位协作研制的前进型机车7—10方案扁烟筒于1983年通过铁道部鉴定，现正统一安排，逐步推广。

为了协助有关单位改好、用好、管好机车扁烟筒，我们集体编写了这本书，具体执笔者是葛绍荣（第一章）、黄问盈（第二章）、马步燧（第三章）、高强（第四章），张英及盖凤山参加第一章部分工作，最后全书由黄问盈修改定稿。

本书承焦守恭、周璋两位高级工程师审阅，谨致谢意。

由于水平有限，加以时间短促，书中缺点及错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1984年12月于铁道部科学研究院

本书采用主要符号表

| 名 称                | 符号         | 现行单位  | SI单位  | 备 注                   |
|--------------------|------------|-------|-------|-----------------------|
| 锅炉蒸发面积             | $A$        | $m^2$ | $m^2$ |                       |
| 燃料中灰分含量百分数         | $A'$       |       |       | %                     |
| 音 速                | $a$        | $m/s$ | $m/s$ |                       |
| 马鞍座口前安装裁丝与座口内侧边缘距离 | $a$        | $m$   | $m$   | 或 $mm$ (有关长度度量同此)     |
| 扁烟筒出口长度            | $a_e$      | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒中节上口长度          | $a'_i$     | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口表面长度        | $a_D$      | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口下底长度        | $a'_D$     | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒裙筒长度            | $a_G$      | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒乏汽座由下往上各分层长度    | $a_i$      | $m$   | $m$   | $i = 1 \rightarrow n$ |
| 扁烟筒喉部长度            | $a_s$      | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒中节下口长度          | $a'_i$     | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒纵向中心处平均长度       | $\bar{a}$  | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒弧板内侧上缘中心距平台高度   | $a_1$      | $m$   | $m$   |                       |
| 扁烟筒弧板内侧下缘中心距平台高度   | $a_2$      | $m$   | $m$   |                       |
| 烟箱节流环偏心圆中心距        | $B$        | $m$   | $m$   |                       |
| 使用加煤机时锅炉总蒸发量       | $B_1$      | $kg$  | $kg$  |                       |
| 锅炉借水量              | $\Delta B$ | $kg$  | $kg$  |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口卡子宽度        | $b$        | $m$   | $m$   |                       |

续上表

| 名 称                     | 符号        | 现行单位      | SI单位  | 备 注                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 扁烟筒乏汽座下口前安装螺孔与分汽格内侧边缘距离 | $b$       | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒出口宽度                 | $b_0$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒中节上口宽度               | $b'_1$    | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒乏汽喷口表面宽度             | $b_D$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒乏汽喷口下底宽度             | $b'_D$    | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒裙筒宽度                 | $b_c$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒乏汽座由下往上各分层宽度         | $b_i$     | m         | m     | $i = 1 \rightarrow n$                                                                                                                                                                                                            |
| 加煤机原动机耗汽量               | $b_1$     | kg        | kg    |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 加煤机喷嘴耗汽量                | $b_n$     | kg        | kg    |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒喉部宽度                 | $b_1$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒中节下口宽度               | $b'_1$    | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒端面内侧平均宽度             | $\bar{b}$ | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒内侧上缘距平台高度            | $b_1$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒内侧下缘距平台高度            | $b_2$     | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 机车单位机械功消耗燃料量            | $C/N$     | kg/(PS·h) | kg/MJ | $1 \text{ PS} \cdot \text{h}$<br>$= 0.7355 \text{ kW} \cdot \text{h}$<br>$= 2.6478 \text{ MJ}$<br>$1 \text{ kg}/(\text{PS} \cdot \text{h})$<br>$= 1.36 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$<br>$= 0.3777 \text{ kg}/\text{MJ}$ |
| 烟箱节流环门洞宽度               | $c$       | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 扁烟筒乏汽喷口桥宽               | $c$       | m         | m     |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 比热相似常数                  | $c_{c_p}$ |           |       |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 质量力相似常数                 | $c_g$     |           |       |                                                                                                                                                                                                                                  |

续上表

| 名 称                 | 符号             | 现行单位 | SI单位 | 备 注                   |
|---------------------|----------------|------|------|-----------------------|
| 线性相似常数              | $c_l$          |      |      |                       |
| 压力相似常数              | $c_p$          |      |      |                       |
| 温度相似常数              | $c_T$          |      |      |                       |
| 时间相似常数              | $c_t$          |      |      |                       |
| 速度相似常数              | $c_v$          |      |      |                       |
| (动力) 粘度相似常数         | $c_\mu$        |      |      |                       |
| 运动粘度相似常数            | $c_\nu$        |      |      |                       |
| 密度相似常数              | $c_\rho$       |      |      |                       |
| 机车动轮直径              | $D$            | m    | m    |                       |
| 每秒喷射乏汽量             | $D$            | kg/s | kg/s |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口中间孔长度        | $d$            | m    | m    |                       |
| 空气中含湿量              | $d$            |      |      |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口端孔长度         | $d'$           | m    | m    |                       |
| 水力直径                | $d_H$          | m    | m    |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口下底分流尺寸(由前往后) | $d_i$          | m    | m    | $i = 1 \rightarrow n$ |
| 扁烟筒出口当量直径           | $d_i^1$        | m    | m    |                       |
| 扁烟筒乏汽喷口当量直径         | $d_b^1$        | m    | m    |                       |
| 扁烟筒裙筒当量直径           | $d_g^1$        | m    | m    |                       |
| 扁烟筒喉部当量直径           | $d_i^1$        | m    | m    |                       |
| 扁烟筒相当小烟筒当量直径        | $\Delta d_i^1$ | m    | m    |                       |
| 给汽运行时干燥燃料消耗量        | $E$            | kg   | kg   |                       |

续上表

| 名 称                | 符号    | 现行单位    | SI单位 | 备 注                                                               |
|--------------------|-------|---------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 扁烟筒乏汽座下底分汽格宽       | $E$   | m       | m    |                                                                   |
| 扁烟筒出口中心歪差          | $E$   | mm      | mm   |                                                                   |
| 烟筒出口损失功率           | $E_o$ | kgf·m/s | kW   | $1 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} = 9.81 \times 10^{-3} \text{ kW}$ |
| 乏汽喷射功率             | $E_D$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 烟筒有效功率             | $E_e$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置有效功率<br>(排烟功率) | $E_G$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 烟筒扩流损失功率           | $E_K$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 烟筒气流与烟筒壁摩擦消耗功率     | $E_M$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 烟筒支配功率             | $E_s$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置总支配功率          | $E_o$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置排烟功率           | $E_1$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置冲击损失功率         | $E_2$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置乏汽扩压损失功率       | $E_3$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置摩擦及扩流损失功率      | $E_4$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 通风装置出口损失功率         | $E_5$ | kgf·m/s | kW   |                                                                   |
| 欧拉准则               | $E_u$ |         |      |                                                                   |
| 扁烟筒横向中心线平差         | $e$   | mm      | mm   |                                                                   |
| 扁烟筒纵向中心线平差         | $e'$  | mm      | mm   |                                                                   |
| 扁烟筒乏汽喷口各孔中心线距离     | $e_i$ | m       | m    | $i = 1 \rightarrow n$                                             |
| 冲击损失率              | $e_1$ |         |      |                                                                   |
| 乏汽扩压损失率            | $e_3$ |         |      |                                                                   |

续上表

| 名 称                       | 符号             | 现行单位            | SI单位           | 备 注                                          |
|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------------------------|
| 摩擦及扩流损失率                  | $e_4$          |                 |                |                                              |
| 出口损失率                     | $e_5$          |                 |                |                                              |
| 轮周牵引力                     | $F$            | kgf             | kN             | $1\text{kgf} = 9.81 \times 10^{-3}\text{kN}$ |
| 锅炉烟气通道相当截面                | $F_d$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 锅炉调整阀先开阀蒸汽通过面积            | $F_s$          | $\text{cm}^2$   | $\text{cm}^2$  |                                              |
| 锅炉调整阀主阀蒸汽通过面积             | $F_r$          | $\text{cm}^2$   | $\text{cm}^2$  |                                              |
| 佛罗德准则                     | $Fr$           |                 |                |                                              |
| 乏汽喷射频率                    | $f$            | $\text{s}^{-1}$ | Hz             | $1\text{s}^{-1} = 1\text{Hz}$                |
| 烟筒出口面积                    | $f_e$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 乏汽喷口面积                    | $f_D$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 乏汽喷口下底面积                  | $f'_D$         | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 烟筒裙筒面积                    | $f_G$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 扁烟筒乏汽座由下往上各分层面积           | $f_i$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   | $i = 1 \sim n$                               |
| 烟筒喉部面积                    | $f_h$          | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 扁烟筒乏汽喷口平均各孔面积             | $\Delta f_D$   | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 扁烟筒相当小烟筒喉部面积              | $\Delta f_h$   | $\text{m}^2$    | $\text{m}^2$   |                                              |
| 每秒烟气量                     | $G$            | kg/s            | kg/s           |                                              |
| 重力加速度                     | $g$            | $\text{m/s}^2$  | $\text{m/s}^2$ | $g = 9.81\text{m/s}^2$                       |
| 每kg燃料生成烟气量                | $g_v$          | kg/kg           | kg/kg          |                                              |
| 喷口表面至烟筒出口距离<br>(扁烟筒为当量高度) | $H$            | m               | m              |                                              |
| 烟筒结构特性                    | $H/\sqrt{F_d}$ |                 |                |                                              |

续上表

| 名 称                  | 符号    | 现行单位               | SI单位  | 备 注                                                  |
|----------------------|-------|--------------------|-------|------------------------------------------------------|
| 均时性准则                | $Ho$  |                    |       |                                                      |
| 锅炉水表水位               | $h$   | mm                 | mm    |                                                      |
| 锅炉烟气阻力               | $h$   | mmH <sub>2</sub> O | kPa   | 1mmH <sub>2</sub> O =<br>9.81 × 10 <sup>-3</sup> kPa |
| 乏汽喷口乏汽喷射部高度          | $h_D$ | m                  | m     |                                                      |
| 锅炉烟管阻力               | $h_p$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 锅炉灰箱阻力               | $h_s$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 锅炉炉床及煤层阻力            | $h_m$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 气体在烟筒喉部处压力与<br>烟箱压力差 | $h_w$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 锅炉烟箱阻力               | $h_z$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 锅炉火箱及拱砖阻力            | $h_f$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa   |                                                      |
| 调整阀扬程                | $h_a$ | mm                 | mm    |                                                      |
| 线路坡度                 | $i$   |                    |       | ‰                                                    |
| 锅水的焓                 | $i'$  | kcal/kg            | kJ/kg | 1kcal/kg =<br>4.1868kJ/kg                            |
| 过热蒸汽的焓               | $i_g$ | kcal/kg            | kJ/kg |                                                      |
| 比容比                  | $i_v$ |                    |       |                                                      |
| 伴流速比                 | $i_w$ |                    |       |                                                      |
| 乏汽利用率                | $K$   |                    |       |                                                      |
| 气体绝热膨胀指数             | $k$   |                    |       |                                                      |
| 速度场不均匀系数             | $k$   |                    |       |                                                      |
| 理论空气需要量              | $L_o$ | kg/kg              | kg/kg |                                                      |
| 扁烟筒中心前移量             | $L_o$ | m                  | m     |                                                      |

续上表

| 名 称                      | 符号         | 现行单位 | SI单位 | 备 注          |
|--------------------------|------------|------|------|--------------|
| 前垂板高度                    | $l_c$      | m    | m    |              |
| 乏汽喷口高度                   | $l_D$      | m    | m    |              |
| 平台板高度                    | $l_p$      | m    | m    |              |
| 乏汽座高度                    | $l_z$      | m    | m    |              |
| 扁烟筒乏汽喷口中心与乏汽座下底主乏汽流中心后移量 | $l'_0$     | m    | m    |              |
| 烟筒上节高度                   | $l_{s,s}$  | m    | m    |              |
| 乏汽喷口表面至裙筒入口距离            | $l_{DG}$   | m    | m    |              |
| 乏汽喷口表面至烟筒喉部距离            | $l_{Dc}$   | m    | m    |              |
| 烟筒全高度                    | $l_{G\pi}$ | m    | m    |              |
| 烟筒裙筒高度                   | $l_{Gd}$   | m    | m    |              |
| 平台板至裙筒入口距离               | $l_{pG}$   | m    | m    |              |
| 烟筒喉部至出口高度                | $l_{ss}$   | m    | m    |              |
| 烟筒中节高度                   | $l'_{ss}$  | m    | m    |              |
| 烟筒扩压段高度                  | $l_{s,s}$  | m    | m    |              |
| 烟筒下节高度                   | $l_{s,s}$  | m    | m    |              |
| 烟筒出口距限界距离                | $\Delta l$ | m    | m    |              |
| 马赫准则                     | $Ma$       |      |      |              |
| 引射系数                     | $m$        |      |      |              |
| 机车功率                     | $N$        | PS   | kW   | 1PS=0.7355kW |
| 乏汽喷射功率                   | $N_D$      | PS   | kW   |              |
| 排烟功率                     | $N_G$      | PS   | kW   |              |

续上表

| 名 称           | 符号           | 现行单位                     | SI单位           | 备 注                          |
|---------------|--------------|--------------------------|----------------|------------------------------|
| 通风装置总支配功率     | $N_v$        | PS                       | kW             |                              |
| 锅炉调整阀齿板齿数     | $n$          |                          |                |                              |
| 扁烟筒乏汽喷口孔数     | $n$          |                          |                |                              |
| 扁烟筒喷口调整卡子个数   | $n$          |                          |                |                              |
| 测量次数          | $n$          |                          |                |                              |
| 乏汽压力 (喷口前)    | $p_v$        | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            | 1at = 98.1kPa                |
| 锅炉蒸汽压力        | $p_0$        | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 平均指示压力        | $p_i$        | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 汽室蒸汽压力        | $p_s$        | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 烟箱压力          | $p_0$        | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 通过汽口的蒸汽压力降    | $\Delta p_i$ | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 通过调整阀的蒸汽压力降   | $\Delta p_v$ | at(kgf/cm <sup>2</sup> ) | kPa            |                              |
| 燃料应用基低位发热量    | $Q_b^l$      | kcal/kg                  | kJ/kg          | 1kcal/kg = 4.1868kJ/kg       |
| 机械性不完全燃烧热损失率  | $q_m$        |                          |                |                              |
| 排烟热损失率        | $q_p$        |                          |                |                              |
| 烟渣热损失率        | $q_v$        |                          |                |                              |
| 炉床面积          | $R$          | m <sup>2</sup>           | m <sup>2</sup> |                              |
| 气体常数          | $R$          | kgf·m/(kg·K)             | J/(kg·K)       | 1kgf·m/(kg·K) = 9.81J/(kg·K) |
| 扁烟筒乏汽喷口各孔圆角半径 | $R$          | m                        | m              |                              |
| 乏汽温度          | $T_v(t_v)$   | K(°C)                    |                |                              |
| 过热蒸汽温度        | $T_s(t_s)$   | K(°C)                    |                |                              |

| 名 称               | 符号         | 现行单位                   | SI单位                   | 备 注                                                                                                                  |
|-------------------|------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 烟气温度              | $T_v(t_v)$ | K (°C)                 |                        |                                                                                                                      |
| 燃烧室温度             | $T_2(t_2)$ | K (°C)                 |                        |                                                                                                                      |
| 借水时间              | $t_j$      | h                      | h                      | 或 min                                                                                                                |
| 扁烟筒喷口调整卡子厚度       | $t$        | mm                     | mm                     |                                                                                                                      |
| 锅炉供汽量             | $U$        | kg/h                   | kg/h                   |                                                                                                                      |
| 单位机械功耗汽量          | $U/N$      | kg/(PS·h)              | kg/MJ                  | $1 \text{ kg}/(\text{PS} \cdot \text{h}) = 1.36 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = 0.3777 \text{ kg}/\text{MJ}$ |
| 乏汽质量流速            | $u_D$      | kg/(m <sup>2</sup> ·s) | kg/(m <sup>2</sup> ·s) |                                                                                                                      |
| 烟气(或空气)在锅炉各部位质量流速 | $u_i$      | kg/(m <sup>2</sup> ·s) | kg/(m <sup>2</sup> ·s) |                                                                                                                      |
| 机车运行速度            | $v$        | km/h                   | km/h                   |                                                                                                                      |
| 燃料挥发分产率           | $V'$       |                        |                        | %                                                                                                                    |
| 借水前锅炉水容积          | $V_1$      | l                      | l                      |                                                                                                                      |
| 借水后锅炉水容积          | $V_2$      | l                      | l                      |                                                                                                                      |
| 乏汽比容(喷口后)         | $v_D$      | m <sup>3</sup> /kg     | m <sup>3</sup> /kg     |                                                                                                                      |
| 乏汽比容(喷口前)         | $v_s$      | m <sup>3</sup> /kg     | m <sup>3</sup> /kg     |                                                                                                                      |
| 烟气比容              | $v_G$      | m <sup>3</sup> /kg     | m <sup>3</sup> /kg     |                                                                                                                      |
| 烟筒内气体平均比容         | $v_m$      | m <sup>3</sup> /kg     | m <sup>3</sup> /kg     |                                                                                                                      |
| 喉部气体比容            | $v_h$      | m <sup>3</sup> /kg     | m <sup>3</sup> /kg     |                                                                                                                      |
| 每kg燃料外加水分         | $\Delta W$ | kg/kg                  | kg/kg                  |                                                                                                                      |
| 烟筒出口处气体流速         | $w_s$      | m/s                    | m/s                    |                                                                                                                      |
| 乏汽喷射速度            | $w_D$      | m/s                    | m/s                    |                                                                                                                      |
| 喷口前乏汽流速           | $w_s$      | m/s                    | m/s                    |                                                                                                                      |

续上表

| 名 称           | 符号           | 现行单位                   | SI单位                 | 备 注                                                    |
|---------------|--------------|------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
| 烟气轴向流速        | $w_g$        | m/s                    | m/s                  |                                                        |
| 烟筒喉部处气体流速     | $w_i$        | m/s                    | m/s                  |                                                        |
| 乏汽喷射理论速度      | $w_0$        | m/s                    | m/s                  |                                                        |
| 喉部速比          | $w_i/w_0$    |                        |                      |                                                        |
| 借水时的补水量       | $X$          | kg                     | kg                   |                                                        |
| 炉床放热率         | $y_F$        | Mcal/( $m^2 \cdot h$ ) | MJ/( $m^2 \cdot h$ ) | 1 Mcal/( $m^2 \cdot h$ ) = 4.1868 MJ/( $m^2 \cdot h$ ) |
| 燃烧率           | $y_R$        | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 扁烟筒平均长宽比      | $Z$          |                        |                      |                                                        |
| 锅炉供汽率         | $Z_g$        | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 修正借水后供汽率      | $Z'_g$       | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 计算供汽率         | $Z_j$        | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 锅炉蒸发率         | $Z_s$        | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 修正借水后蒸发率      | $Z'_s$       | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 标准蒸汽蒸发率       | $Z_s^0$      | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 借水能实现的供汽率     | $Z'_g$       | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 借水时供汽率的增量     | $\Delta Z_g$ | kg/( $m^2 \cdot h$ )   | kg/( $m^2 \cdot h$ ) |                                                        |
| 速度场特性系数       | $\alpha$     |                        |                      |                                                        |
| 过剩空气系数        | $\alpha$     |                        |                      |                                                        |
| 名义过剩空气系数      | $\alpha_M$   |                        |                      |                                                        |
| 扁烟筒长方向乏汽喷射结构角 | $\alpha_1$   | rad 或 °                |                      |                                                        |
| 扁烟筒宽方向乏汽喷射结构角 | $\alpha_2$   | rad 或 °                |                      |                                                        |

| 名 称                   | 符号         | 现行单位               | SI单位              | 备 注                                               |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| 综合修正系数 (计算乏汽<br>喷嘴面积) | $\beta$    |                    |                   |                                                   |
| 烟筒斜度                  | $\beta$    | rad 或 °            |                   |                                                   |
| 烟筒喉部速度场特性系数           | $\beta_s$  |                    |                   |                                                   |
| 扁烟筒长方向斜度              | $\beta_1$  | rad 或 °            |                   |                                                   |
| 扁烟筒宽方向斜度              | $\beta_2$  | rad 或 °            |                   |                                                   |
| 锅水密度                  | $\gamma$   | kg/l               | kg/m <sup>3</sup> | 1kg/l = 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>         |
| 锅炉各部分烟气(或空气)<br>密度    | $\gamma_i$ | kg/m <sup>3</sup>  | kg/m <sup>3</sup> |                                                   |
| 扁烟筒乏汽喷嘴每孔圆角<br>所占面积   | $\Delta$   | m <sup>2</sup>     | m <sup>2</sup>    |                                                   |
| 灰箱真空度                 | $\Delta_1$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa               | 1mmH <sub>2</sub> O = 9.81 × 10 <sup>-3</sup> kPa |
| 拱砖下真空度                | $\Delta_2$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa               |                                                   |
| 拱砖上真空度                | $\Delta_3$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa               |                                                   |
| 前管板处真空度               | $\Delta_4$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa               |                                                   |
| 烟箱喷嘴处真空度              | $\Delta_5$ | mmH <sub>2</sub> O | kPa               |                                                   |
| 遮断比                   | $e$        |                    |                   |                                                   |
| 断面充满系数                | $e$        |                    |                   |                                                   |
| 乏汽喷射阻力系数              | $\xi$      |                    |                   |                                                   |
| 节流环摩阻系数               | $\xi$      |                    |                   |                                                   |
| 烟筒扩流阻力系数              | $\xi_K$    |                    |                   |                                                   |
| 烟筒摩擦阻力系数              | $\xi_M$    |                    |                   |                                                   |
| 节流环缓和系数               | $\eta$     |                    |                   |                                                   |
| 锅炉总效率                 | $\eta_i$   |                    |                   |                                                   |

# 目 录

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| <b>第一章 蒸汽机车扁烟筒的发展情况</b> .....               | 1   |
| 第一节 国外扁烟筒发展简况 <sup>[4]</sup> .....          | 2   |
| 第二节 我国扁烟筒研制情况 .....                         | 4   |
| 一、初始探索阶段 .....                              | 4   |
| 二、试验研究阶段 .....                              | 5   |
| 三、鉴定扩大阶段 .....                              | 6   |
| 第三节 我国主型机车扁烟筒鉴定试验主要结果 .....                 | 8   |
| 一、前进型机车 7—10 方案扁烟筒试验资料 <sup>[7]</sup> ..... | 8   |
| 二、解放型机车 7 孔喷口扁烟筒试验资料 <sup>[14]</sup> .....  | 15  |
| 三、胜利型机车 6—2 方案扁烟筒试验资料 <sup>[18]</sup> ..... | 19  |
| 第四节 装用扁烟筒的经济效益与实例 .....                     | 24  |
| 第五节 前进型机车通风装置模拟试验 .....                     | 29  |
| 一、相似理论在机车通风装置模拟试验上的应用 .....                 | 29  |
| 二、机车烟箱通风装置模拟试验台简介 .....                     | 36  |
| 三、前进型机车通风装置模拟试验主要结果 <sup>[2]</sup> .....    | 37  |
| <b>第二章 蒸汽机车扁烟筒的理论基础与设计计算</b> .....          | 51  |
| 第一节 乏汽引射通风装置的工作特征与基本要求 .....                | 51  |
| 第二节 乏汽引射通风装置的能量平衡与通风过程分析以及<br>乏汽压力的计算 ..... | 60  |
| 第三节 扁烟筒的理论基础——圆烟筒与扁烟筒的差异 .....              | 71  |
| 第四节 扁烟筒的参数选择与设计程序 .....                     | 97  |
| 第五节 扁烟筒设计示例 .....                           | 111 |
| <b>第三章 蒸汽机车扁烟筒的组装与调整</b> .....              | 122 |
| 第一节 扁烟筒的结构特性 .....                          | 122 |
| 第二节 扁烟筒的组装与工艺 .....                         | 136 |